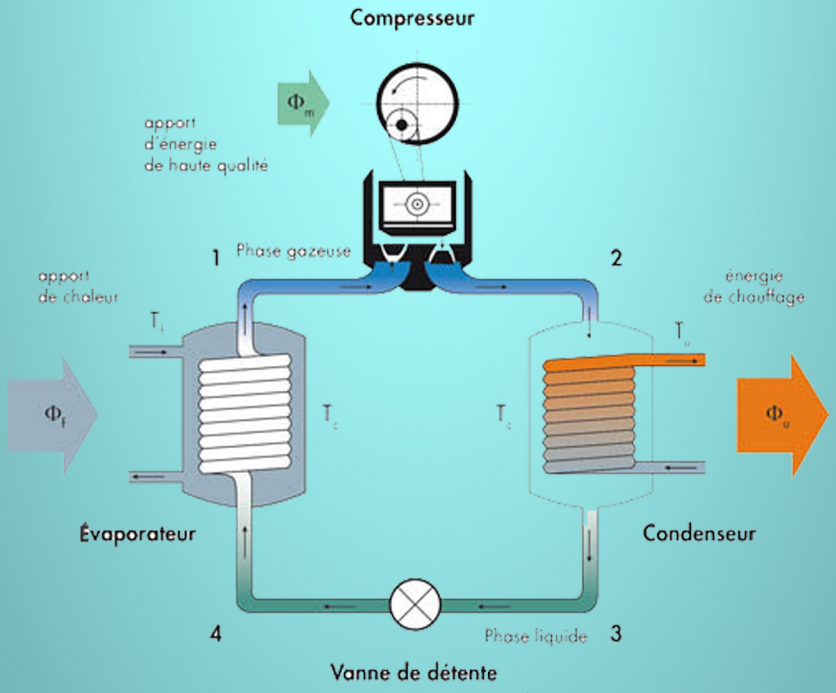
Tome 4

Correction Des Examens

Thermodynamique



متمنياتنا للجميع بالتوفيق والنجاح

2016/2017

www.clubnajah.com
Clubnajah2013@gmail.com
www.facebook.com/succes.club

UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE
EL JADIDA

Année universitaire 2014-2015

EXAMEN DE RATTRAPAGE DE THERMODYNAMIQUE SMPC
Durée 1H30

Exercice

Donnez l'expression de la variation d'entropie d'un gaz parfait qui subit une transformation réversible: a- isobare

b- isotherme

Problème

On étudie une pompe à chaleur air-air. Le but de l'exercice est de déterminer son efficacité à chauffer un local. Cette machine thermique fonctionne avec une source froide (extérieur du local) dont la température est $\mathbf{T_A = -\ 8°C}$. La source chaude est constituée par l'intérieur du local dont la température est $\mathbf{T_B = +20°C}$.

Dans cette machine, une quantité de matière d'air, n, décrit le cycle suivant.

$A \rightarrow B$ **: Compression adiabatique réversible ;** $B \rightarrow C$ **: Compression isotherme.**

$C \rightarrow D$ **: Détente adiabatique réversible.** $D \rightarrow A$ **: Détente isotherme.**

Chaque état du système est caractérisé par sa pression p, son volume V et sa température T (en kelvin).

Dans toute cette étude, l'air est considéré comme un gaz parfait.

Données :

Au point A :◆ Température : T_A ◆ : $p_A = 1{,}50 \times 10^5$ Pa ◆ : $V_A = 0{,}800\ m^3$.

Au point B : ◆ Température : T_B, P_B ,V_B.

Au point C : ◆ pression : $p_C = 3{,}50 \times 10^5$ Pa ;

◆ Constante des gaz parfaits : $R = 8{,}31\ J.mol^{-1}.K^{-1}$;◆ Coefficient adiabatique : $\gamma = 1{,}40$;

1° question : Déterminer et calculez le nombre de moles n et les variables (P, V, T) dans les états B,C et D.

2° question : Tracer l'allure du cycle dans le diagramme de Clapeyron (P,V) en indiquant les états A, B, C et D ainsi que le sens de parcours du cycle.

3° question : Déterminer et calculez le travail, la chaleur et la variation d'entropie, pour chaque transformation. Tracer le cycle des transformation dans le diagrammes (T,S), en indiquant les états A, B, C et D ainsi que le sens de parcours du cycle.

4° question

a) Exprimer l'efficacité η de cette machine en fonction des quantités de chaleur. Puis comparez cette efficacité avec celle de Carnot : η_{rev}. Faire l'application numérique.

b) Que signifie la valeur numérique trouvée de η?

UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

Année Universitaire 2011/2012
Module 1 de Physique (S_1)
Filière: SMP

Epreuve de Thermodynamique

Durée : 1 H 30 mn

Cycle de Beau de Rochas

On se propose de modéliser le fonctionnement d'un moteur à combustion interne à explosion par le cycle idéale d'un gaz parfait (on prendra $\gamma = 1,4$).

1. L'admission est réalisée à la pression atmosphérique P_1, le mélange d'essence et d'air (assimilable à un gaz parfait) est admis à la température T_1 dans un volume V_1.

❖ Déterminer la quantité de matière gazeuse (nombre de mole n) admise dans V_1.

Valeurs numériques : $P_1 = 1\ Bar = 10^5\ Pa$; $T_1 = 300\ K$; $V_1 = 1,2\ l$; $R = 8,32\ J.K^{-1}.mol^{-1}$

***Recommandation** : dans ce qui suit, les différents résultats seront exprimés à l'aide des coordonnées (P_1, V_1, T_1) de l'état (1) et des paramètres demandés.*

2. ***Phase 1 → 2*** *: (P_1, V_1, T_1) → (P_2, V_2, T_2), (adiabatique)*

C'est une compression adiabatique, le volume résiduel en fin de compression a pour valeur V_2 ($V_2 = 0,2\ l$). Le rapport volumétrique $a = V_1 / V_2$ définit la course du piston.

2.a) Calculer le rapport volumétrique a

2.b) Déterminer la pression P_2 et la température T_2 en fin de compression, à l'aide du rapport volumétrique a, de γ et des coordonnées de l'état *(1)*. Calculer P_2 et T_2.

2.c) Calculer le travail W_{12} de compression échangé au cours de cette phase.

3. ***Phase 2 → 3*** *: (P_2, V_2, T_2) → (P_3, V_3, T_3), (isochore)*

En fin de compression l'explosion produit une augmentation instantanée de pression sans variation du volume (*isochore*). La combustion interne se traduit par l'apport d'une énergie sous forme de chaleur Q_{23} (*reçue par le gaz*).

3.a) Déterminer la température T_3 et montrer qu'elle peut se mettre sous la forme :

$$T_3 = a^{\gamma-1} T_1 \left[1 + \frac{\gamma - 1}{a^{\gamma-1}\, nRT_1} Q_{23} \right] = a^{\gamma-1} T_1\, k$$

3.b) Calculer numériquement le terme $k = \left[1 + \frac{\gamma - 1}{a^{\gamma-1}} \frac{Q_{23}}{nRT_1}\right]$

3.c) Déterminer la pression P_3 en fonction de a, γ, k et P_1.

3.d) Calculer numériquement la température T_3 et la pression P_3.

Valeur numérique : $Q_{23} = 490,7$ J.

4. ***Phase 3 → 4*** *: $(P_3, V_3, T_3) \longrightarrow (P_4, V_4, T_4)$, (adiabatique)*

La détente motrice, également adiabatique, ramène le piston de la position $V_2 = V_3$ à la position $V_1 = V_4$. Les gaz brûlés sont alors chauds.

4.a) Déterminer la température T_4 et la pression P_4 après la détente, les exprimer à l'aide de a, γ, k et des coordonnées de l'état *(1)*.

4.b) Calculer numériquement T_4 et P_4.

4.c) Exprimer le travail moteur W_{34} à l'aide de a, γ, k et des coordonnées de l'état *(1)*.

4.d) Calculer numériquement W_{34}.

5. ***Phase 4 → 1*** *: $(P_4, V_4, T_4) \longrightarrow (P_1, V_1, T_1)$, (isochore)*

Pour fermer le cycle moteur ($1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$), on introduit cette phase - peu réaliste - de refroidissement isochore.

5.a) Déterminer la quantité de chaleur Q_{41} cédée au milieu extérieur.

5.b) Calculer numériquement cette chaleur Q_{41}.

6. Représenter sommairement ce cycle dans un diagramme de Clapeyron $P = f(V)$.

7. En faisant un bilan énergétique, vérifier numériquement le principe d'équivalence.

8. Soit $\mathcal{R}$ le rendement du cycle étudié :

8.a) Calculer numériquement $\mathcal{R}$.

8.b) Donner l'expression du rendement $\mathcal{R}$ en fonction uniquement, du taux de compression "a" et du rapport γ. Pour cela commencer par établir l'égalité $\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_4}{T_3}$.

8.c) Comment varie $\mathcal{R}$ avec le taux de compression a ?

UNIVERSITE CHOUAB DOUKKALI
FACULTE DES SCIENCES
FILIERE SMPC

ANNEE 2013 /2014
SESSION NORMALE
EXAMAN DE THERMODYNAMIQUE

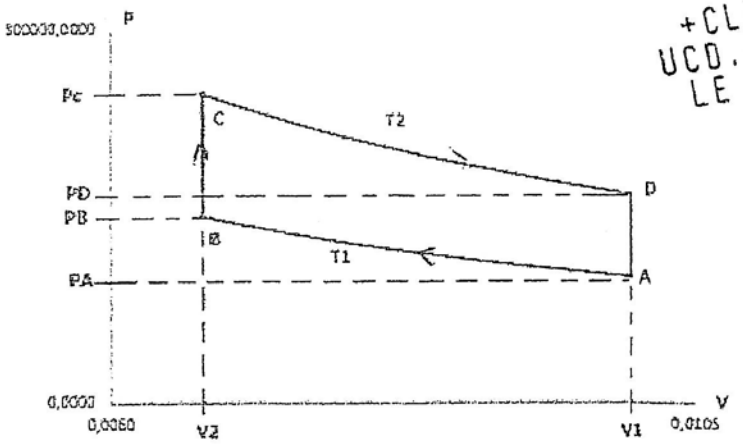
DUREE 1H 30 '

On suppose qu'une machine, pour un gaz parfait, fonctionne suivant le cycle « ABCD » formé par deux isothermes et deux isochores, tel que :

- Isotherme à $T_1 = 300$ K, de A vers B. * Isochore à $V_2 = 0.0067$ m^3 de B vers C ;
- Isotherme à $T_2 = 500$ K, de C vers D. * Isochore à $V_1 = 0.01$ m^3 de D vers A.

L'état « A » est défini par T_1, $P_1 = 10^5$ Pascals et $V_1 = 0.01$ m^3. L'état « B » par la pression P_B, V_B=0.0067 m^3. L'état « C » par T_2 et P_C. L'état « D » par V_D=V_1 et par P_D.

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT



On veut faire le bilan de ce cycle. Pour cela :

1- Calculer le nombre de moles de gaz utilisé.
2- Définir les différents paramètres thermodynamiques (P, V et T) pour les points B, C et D.
3- Calculer le travail, la quantité de chaleur, l'énergie interne et l'enthalpie pour chaque transformation.
4- Calculer le travail total, en déduire la nature du cycle. Justifier votre réponse.
5- Calculer la quantité de chaleur totale et l'énergie interne pour le cycle.
6- Annoncer le premier principe ; est-il vérifié pour ce cycle. Justifier.
7- Donner la nature du cycle (moteur où récepteur), justifier

---

✓ On donne R = 8.32 (dans le Système International) et $\gamma = 1.4$

Université Chouaïb Doukkali

Faculté des Sciences

نادي النجاح
succes club

EXAMEN DE THERMODYNAMIQUE

Session de rattrapage 2012-2013 (SMPC)

Durée 1H 30'

Veuillez inscrire, sur vos feuilles d'examen, votre nom et prénom ainsi que votre Code National d'Etudient (CNE) et votre numéro d'examen

Les questions sont largement indépendantes.

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

Question du cours ;

a) Démontrez que la constante des gaz parfaits est égale à ; R= 8.31 J $K^{-1}mol^{-1}$.

b) Démontrez que la pente des isochores et supérieurs à la pente des isobares et représenter les dans le diagramme (T,S) à partir d'un même point de l'axe des températures.

Problème ;

Dans une machine thermique, un gaz, assimilé à un gaz parfait, décrit le cycle des transformations suivantes :

- Initialement à l'état 1, à la pression p_1 et à la température T_1, il subit une évolution adiabatique réversible jusqu'à l'état 2 où sa pression est p_2 et sa température T_2 ;
- Il se trouve alors en contact avec une source chaude et se réchauffe, de façon isobare, jusqu'à la température T_3 où il est à l'état 3 ;
- Ensuite, il se détend de manière adiabatique réversible, jusqu'à la pression p_4. Il est alors à l'état 4 ; sa température est T_4 ;
- Il achève de se refroidir, d'une façon isobare, au contact d'une source froide et se retrouve dans l'état 1.

1° question :

a) Quelle est la relation entre p_2 et p_3 ?

b) Tracer sur la copie l'allure du cycle décrit par le gaz dans un diagramme de Clapeyron, $p = f(V)$.

c) Indiquer, sur le diagramme précédent, les points 1, 2, 3 et 4 représentatifs des états du gaz.

2° question : Lors d'une évolution adiabatique réversible, le gaz parfait obéit à la

loi : $p \times V^{\gamma} = \text{constante}$ avec $\gamma = \dfrac{C_p}{C_v}$ où :

C_p : capacité thermique molaire, à pression constante ;

C_v : capacité thermique molaire, à volume constant.

a) Démontrer que cette loi peut s'écrire : $p^{1-\gamma} \times T^{\gamma} = \text{constante}$.

b) En déduire l'expression :

- de la température T_2 en fonction de p_1, p_2, T_1, et de γ ;
- de la température T_4 en fonction de p_1, p_2, T_3 et de γ.

3° question : Pour $n = 1\,\text{mol}$ de gaz, exprimer en fonction de C_p et des températures adéquates :

a) Q_C, l'énergie échangée sous forme de chaleur avec la source chaude,

b) Q_F, l'énergie échangée sous forme de chaleur avec la source froide.

4° question : En utilisant le premier principe, donner l'expression W_{cycle} de l'énergie échangée sous forme de travail mécanique par une mole de gaz avec l'extérieur au cours du cycle, en fonction de C_p, T_1, T_2, T_3 et T_4.

5° question : soit le rapport $\tau = \dfrac{p_2}{p_1}$, Donner Le rendement théorique, η, de cette machine et démontrer qu'il peut s'écrire en fonction de τ et de γ : $\eta = 1 - \tau^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

a) Calculer le rendement pour les trois gaz figurant dans le tableau si dessous en prenant $\tau = 4,0$.

b) Avec lequel obtient-on le meilleur rendement ?

Gaz	Valeur de γ
argon	1,67
air	1,40
dioxyde de carbone	1,31

6° question : Calculer les valeurs des températures T_2, T_4 pour le gaz qui donne le meilleur rendement en utilisant les données suivantes : $\tau = 4,0$; $p_1 = 1,0 \times 10^5\,\text{Pa}$; $T_1 = 300\,\text{K}$; $T_3 = 900\,\text{K}$.

7° question ; Représentez le cycle dans le diagramme (T,S). Donner la nature du cycle et justifiez votre réponse.

Bon courage

نادي النجاح
club success

Université Chouaïb Doukkali

Faculté des Sciences

Examen de Thermodynamique SMPC (S1)

--- Durée 1H 30' ---

2012-2013
ELMALKI

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

Question du cours :

a) Calculer la constante - R- des gaz parfaits dont les unités sont dans le Système International (S.I).

b) Comparez les pentes d'une isotherme et d'une adiabatique. A partir d'un point sur l'axe des pressions, représentez une isotherme et une adiabatiques dans le diagramme de Clapeyron.

Problème : On fait subir à un gaz parfait un cycle de transformation ABCDA.

- AB est une compression adiabatique
- BC est une compression isochore
- CD est une détente adiabatique
- DA est une détente isochore.

On donne : $V_A = 8.V_B$, $T_A = 17°C$, $P_A = 1$atmosphère, $\gamma = 1.4$ et $R = 8.31 JK^{-1}mol^{-1}$

1) Calculer la pression P_B et la température T_B au point B.

2) Sachant que l'apport de chaleur Q lors de la compression isochore BC est de 50K Joules pour une mole de gaz, calculer la température T_C et la pression P_C au point C.

3) Calculer la pression P_D et la température T_D au point D.

4) Donnez les échanges de chaleurs et de travail pour les divers transformations en fonction de R, γ et les températures correspondantes. Faites l'application numérique.

5) Représenter le cycle de transformation, ABCDA, dans le diagramme de Clapeyron.

6) Quelle est la nature du cycle ? Justifiez votre réponse.

7) En déduire la quantité de chaleur Q_{total} et le travail W_{total} mis en jeu au cours du cycle entier. A partir de ce résultat, donner la nature du cycle tout en justifiant votre réponse.

8) Le principe d'équivalence est-il vérifié ?

9) Donner une interprétation géométrique de la quantité de chaleur totale.

10) Donner le rendement du cycle ABCDA en fonction des températures correspondantes. En déduire ce rendement en fonction des températures T_A et T_B, puis en fonction de V_A, V_B et γ. Calculer numériquement le rendement. Conclusion.

11) Représentez le cycle, ABCDA, de transformation dans le diagramme (T, S).

N.B : Veuillez répondre lisiblement sur la feuille de réponse. Attention aux applications numériques.

UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE
EL JADIDA

Année universitaire 2014-2015

EPREUVE DE THERMODYNAMIQUE SMPC

Durée 1H30

Exercice

- Démontrez les trois lois de Laplace, pour un gaz parfait qui subit une transformation adiabatique réversible.

Problème

On considère un gaz parfait dans la condition initiales (P_A=3 atm, T_A=300 K, V_A=16,4 L) auquel on fait subir les transformations réversibles suivantes :

Etat A --> Etat B ; compression adiabatique jusqu' à T_B=450 K.

État B --> Etat C : refroidissement isochore jusqu'à P_C=4,05 atm.

État --> Etat D : détente isotherme jusqu' à P_D=3 atm.

État D --> Etat A : isobare.

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

(on donne $\gamma = 1,66$)

1- Calculer le nombre de moles
2- Déterminer les variables (P, V, T) dans chaque état.
3- Représenter les différentes transformations sur le diagramme de Clapeyron (P,V) et le diagramme (T,S).
4- Quelle est la nature du cycle ?
5- Calculer le travail, la chaleur et la variation d'énergie interne, pour chacune des transformations.
6- Calculer le travail total et la quantité de chaleur totale.
7- Montrer que le premier principe est vérifié.
8- Si on veut appliquer ce cycle à un réfrigérateur, calculer son efficacité.

EXAMEN DE RATTRAPAGE DE THERMODYNAMIQUE

SMPC Rattrapage 2014-2015

Exercice I:

a°) isobare: on a: $\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T}$

et $\delta Q = c_p dT - V dP = c_p dT$

alors: $\Delta S = c_p \int_{T_i}^{T_f} \frac{dT}{T}$

$\Delta S = c_p \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right)$ on a $c_p = \frac{nR\gamma}{\gamma - 1}$

d'où: $\boxed{\Delta S = \frac{nR\gamma}{\gamma-1} \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right)}$

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.EL JADIDA
LE PRESIDENT

b°) isotherme: on a: $\Delta S = \int_{V_i}^{V_f} \frac{\delta Q}{T}$; $\delta Q = C_v dT + p dV$

↓ $T = T_e$

$\delta Q = p dV$ $(PV = nRT)$

$\Leftrightarrow \delta Q = nRT \frac{dV}{V} \Leftrightarrow \delta Q = nRT \frac{dV}{V}$

$\Delta S = \int_{V_i}^{V_f} nR \frac{dV}{V} = \int_{V_i}^{V_f} nR \frac{dV}{V}$

$\Delta S = nR \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$

• PROBLème

1) ~~on a~~: Calculer le nombre de mole n:

on a: $P_A V_A = nRT_A \Leftrightarrow n = \frac{P_A V_A}{RT_A}$

~~on a~~: $\boxed{(273,15 + °C) = K}$

AN: $n = \frac{1,5 \times 10^5 \times 0,8}{8,31 \times 265,15} = 54,16 \text{ mol}$

a l'état B: on a: $T_B = (273,15 + 20)K = 293,15K$

$P_B T^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} = P_A T_A^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} \Leftrightarrow P_B = P_A \left(\frac{T_A}{T_B}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$

$\Leftrightarrow P_B = 2,13 \times 10^5 Pa.$

$V_B = ?$

on a $P_B V_B = nRT_B \Leftrightarrow V_B = \frac{nRT_B}{P_B}$

AN: $V_B = \frac{54,46 \times 8,31 \times 293,15}{2,13 \times 10^5} = 0,62 m^3$

A l'état: B $\longrightarrow$ C: isotherme:

on a: $T_C = T_B = 293,15K$, $P_C = 3,5 \times 10^5 Pa$.

$V_C = \frac{nRT_C}{P_C}$; AN: $V_C = \frac{54,46 \times 8,31 \times 293,15}{3,5 \times 10^5}$

$V_C = 0,37 m^3$.

état D $\longrightarrow$ A: Isotherme

on a: $T_A = T_D = 265,15K$

état: C $\longrightarrow$ D: adiabatique:

$P_D = P_C \left(\frac{T_C}{T_D}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$

$\Leftrightarrow$ AN: $P_D = 3,50 \times 10^5 \times \left(\frac{293,15}{265,15}\right)^{\frac{1,4}{1-1,4}}$

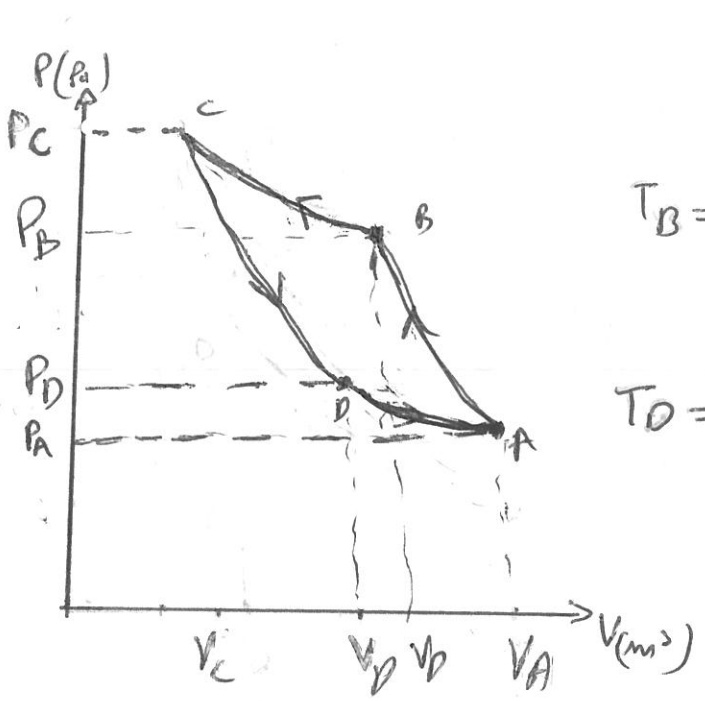
$P_D = 2,46 \times 10^5 Pa.$

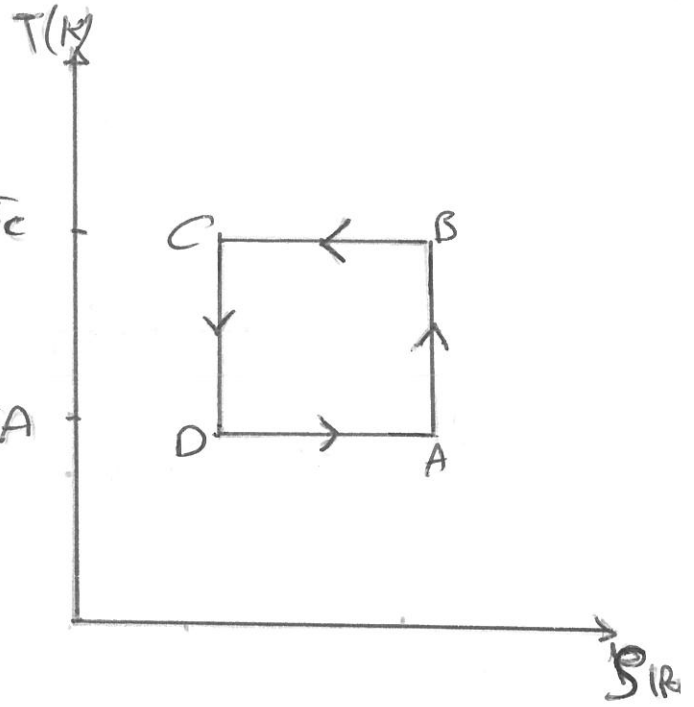
$V_D = \frac{nRT_D}{P_D} = \frac{54,46 \times 8,31 \times 265,15}{2,46 \times 10^5} = 0,48 m^3$

$V_D = 0,48 m^3$.

+CLUB NAJAH+
UCD. FS. ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

2°) Tracer l'allure :





3°)

$A \longrightarrow B$: adiabatique :

$Q_{AB} = 0$ J

$\Delta S_{AB} = 0$ J/K

$$\begin{cases} \Delta U_A^B = W_A^B = C_v (T_B - T_A) \\ \text{or : } C_v = \dfrac{nR}{\gamma - 1} \end{cases}$$

+CLUB NAJAH+
UCO.FS.ELJADIDA
LE PRESIDENT

$$W_A^B = \Delta U_A^B = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_B - T_A) = \frac{54,46 \times 8,31}{1,4 - 1}(293,15 - 265,15)$$

$W_A^B = 31,6 \times 10^{-3}$ J $= 31,6$ KJ.

$B \longrightarrow C$ isotherme : $T = cte$.

$$\Delta U_B^C = W_B^C + Q_B^C = 0 \Rightarrow W_B^C = -Q_B^C$$

$$W_B^C = \int_B^C -p\,dV = -nRT \ln \frac{V_C}{V_B} = nRT \ln\left(\frac{V_B}{V_C}\right)$$

$(PV = nRT)$

AN : $W_B^C = 54,46 \times 8,31 \times 293,15 \ln\left(\frac{0,62}{0,37}\right)$

$= 65,8 \times 10^{-3}$ J $= 65,8$ KJ

$Q_B^C = -W_B^C = -65,8$ KJ.

ona: $\Delta S_B^C = \int_B^C \frac{\delta Q}{T_B} = \frac{1}{T_B}\int \delta Q = \frac{Q_{BC}}{T_B}$

AN: $\Delta S_B^C = \frac{-65,9\times10^3}{293,15} = -222\ J/K$

C ⟶ D : adiabatique : $Q_C^D = 0\ J$; $\Delta S_C^D = 0\ J/K$.

$\Delta U_C^D = W_C^D = C_V(T_D - T_C)$

$W_C^D = \frac{nR}{\gamma-1}(T_D - T_C)$

CLUB NAJAH
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRESIDENT

AN: $W_C^D = \frac{54,46\times8,31}{0,4}(265,15 - 293,15) = -31,74\ KJ$

$W_C^D = \Delta U_C^D = -31,74\ KJ$.

D ⟶ A : isotherme.

ona: $\Delta U_D^A = W_D^A + Q_D^A = 0 \Rightarrow Q_D^A = -W_D^A$

$\delta W_D^A = -pdV$ @ $W_D^A = \int_D^A -pdV = -nRT\int_D^A \frac{dV}{V}$

$W_D^A = -nRT_A \ln\frac{V_A}{V_D} = nRT_A \ln\left(\frac{V_D}{V_A}\right)$

AN: $W_D^A = 54,46\times8,31\times265,15 \ln\left(\frac{0,48}{0,8}\right)$

$= -58,83\ KJ$.

$Q_D^A = -W_D^A = 58,83\ KJ$.

$\Delta S_D^A = \int_D^A \frac{\delta Q}{T_A} = \frac{1}{T_A}\int_D^A \delta Q = \frac{Q_D^A}{T_A}$

$AN = \Delta S_D^A = \frac{58,83}{265,15} = 222\ J/K$

4°) $\eta = \frac{-Q_c}{W_{cy}} = \frac{-Q_c}{-Q_c - Q_F}$

$$\eta = \frac{1}{-1 + \frac{Q_F}{Q_c}} = 9,44$$

$$\eta_{carnot} = \frac{T_c}{T_c - T_F} = 10,46$$

+CLUB NAJAH+
UCD. FS. EL JADIDA
LE PRÉSIDENT

$$\Delta S_{cycle} = 0 = \frac{Q_{BC}}{T_B} + \frac{Q_{DA}}{T_A} = 0$$

$$\frac{Q_{DA}}{Q_{BC}} = -\frac{T_A}{T_B} = -\frac{T_F}{T_c}$$

donc $$\frac{Q_{DA}}{Q_{BC}} = \frac{-T_F}{T_c}$$

d'où $$\eta_{carnot} = \frac{1}{1 - \frac{T_F}{T_c}} = 10,46$$

كلية العلوم
نادي النجاح
success club
www.facebook.com/succes.club

Correction Epreuve de la Thermodynamique session normale 2014/2015

⚠ attention les unités !!!

***) les données du problème: $\gamma = 1,66$

$P_A = 3\,ATm = 3 \times 1,013 \times 10^5\ Pa$

$T_A = 300\ K$; $V_A = 16,4\ \ell = 16,4 \times 10^{-3}\ m^3$

1) Le nombre de moles $n = \dfrac{PV}{RT} \iff n = \dfrac{3 \times 1,013 \times 10^5 \times 16,4 \times 10^{-3}}{8,31 \times 300}$

$n = 1,99 \simeq 2$ mole

2) Les variable (P, V, T) de chaque état.

+CLUB NAJAH+
UCD: FS: EL JADIDA
LE PRÉSIDENT

état A: $\begin{cases} P_A = 3 \times 1,013 \times 10^3\ Pa \\ V_A = 16,4 \times 10^{-3}\ m^3 \\ T = 300\ K \end{cases}$

↓ Transformation adiabatique

état B: $\begin{cases} P_B = ? \\ V_B = ? \\ T_B = 450\ K \end{cases}$

**) on applique $TV^{\gamma-1} = cte$

* $T_B V_B^{\gamma-1} = T_A V_A^{\gamma-1} \Rightarrow V_B = V_A \left(\frac{T_A}{T_B}\right)^{\frac{1}{1-\gamma}} = 8,87 \times 10^{-3}\ m^3$

* $P_B V_B = nRT_B \Rightarrow P_B = \frac{nRT_B}{V_B} = 8,42 \times 10^5\ Pa$

état B $\begin{cases} P_B = 8,42 \times 10^5\ Pa \\ V_B = 8,87 \times 10^{-3}\ m^3 \\ T_B = 450 \end{cases}$ $\xrightarrow[\text{isochore}\ B \to C]{\text{Transformation}}$ état C $\begin{cases} P_C = 4,05 \times 1,013 \times 10^5\ Pa \\ V_C = V_B \\ T_C = ? \end{cases}$

$$T_C = \frac{P_C V_C}{nR} = 218,95 \simeq 219\ K$$

+CLUB NAJAH+
UCD FS EL JADIDA
LE PRÉSIDENT

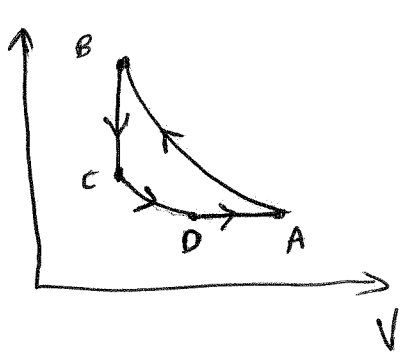
* Transformation isotherme de C → D

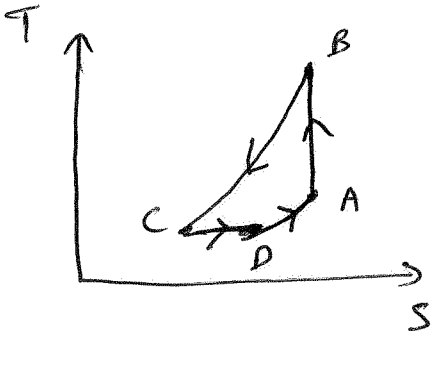
$\begin{cases} P_D = 3 \times 1,013 \times 10^5\ Pa \\ V_D = ? \\ T_D = T_C = 219\ K \end{cases}$; $V_D = \frac{nRT_D}{P_D} = 11,97.10^{-3}\ m^3$

Résumé :

	état A	état B	état C	état D
P(Pa)	$3,039 \times 10^5$	$8,42 \times 10^5$	$4,1 \times 10^5$	$3,039.10^5$
V(m^3)	$16,4 \times 10^{-3}$	$8,87 \times 10^{-3}$	$8,87 \times 10^{-3}$	$11,97 \times 10^{-3}$
T(K)	300	450	219	219

3)





4) La nature de cycle est recepteur; par ce que Le sens de cycle est opposé à le sens d'aiguilles d'une montre.

5) * Compraisson adiabatique. $A \rightarrow B$; $\delta Q = 0$

$$W_{AB} = n C_V (T_B - T_A) \quad \text{ou} \quad W_{AB} = \frac{P_B V_B - P_A V_B}{\gamma - 1} \text{ ; avec } C_V = \frac{R}{\gamma - 1}$$

$$W_{AB} = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_B - T_A) = 3777{,}27 \text{ J}$$

$Q_{AB} = 0$ car transformation adiabatique

$$\Delta U_{AB} = W_{AB} + Q_{AB} = W_{AB} = 3777{,}27 \text{ J}$$

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

** refroidissement isochore: $B \rightarrow C$; $dV = 0$

$$W_{BC} = \int -P dV = 0 \text{ ; car } dV = 0$$

$$Q_{BC} = \int (C_V dT + \overbrace{P dV}^{0}) = \int C_V dT = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_C - T_B)$$

$$Q_{BC} = -5817 \text{ J}$$

$$\Delta U_{BC} = Q_{BC} + W_{BC} = Q_{BC} = -5817 \text{ J}$$

*** detente isotherme: $C \rightarrow D$; $dT = 0$

$$W_{CD} = \int -P dV = -\int nRT \frac{dV}{V} = -nRT_C(\ln V_D - \ln V_C) = -1090{,}94 \text{ J}$$

$$Q_{CD} = \int (\overbrace{C_V dT}^{0} + P dV) = \int P dV = nRT_C(\ln V_D - \ln V_C) = 1090{,}94 \text{ J}$$

$$\Delta U = W_{CD} + Q_{CD} = 0$$

****) isobare : D → A ; $dP = 0$

$$W_{DA} = -\int P dV = -P_D \int dV = -P_D (V_A - V_D) = -1346{,}27\ J$$

$$Q_{DA} = \int (c_p dT - \overset{0}{\overbrace{V dP}}) = \int c_p dT = \frac{nR\gamma}{\gamma - 1}(T_A - T_D) = 3386\ J$$

$$\Delta U_{DA} = -2039{,}73\ J$$

Resumé :

	W	Q	ΔU
transformation A → B	$c_v(T_B - T_A)$ = 3777,27 J	0 J	3777,27 J
transformation B → C	0 J	$nc_v(T_C - T_B)$ = −5817 J	−5817 J
transformation C → D	$W = -nRT\ln(\frac{V_D}{V_C})$ = −1090,94 J	$Q = nRT\ln(\frac{V_D}{V_C})$ 1090,94 J	0 J
transformation D → A	$-P(V_A - V_D)$ = −1346,27	$nc_p(T_A - T_D)$ = 3386	2039,73 J

6) $W_{tot} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA} = 1340{,}06\ J$

$Q_{tot} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CD} + Q_{DA} = -1340{,}06\ J$

+CLUB NAJAH+
UCD. FS. EL JADIDA
LE PRÉSIDENT

7) $\Delta U = Q_{tot} + W_{tot} = 0$ Le premier principe est vérifié

8) $e_f = \frac{Q_{recu(froide)}}{W_{total}} = \frac{1090{,}94}{1340{,}06} = 0{,}81 \equiv 81\%$

⚠ l'efficacité "ef" peut être supérieure, inférieure ou egale à 1

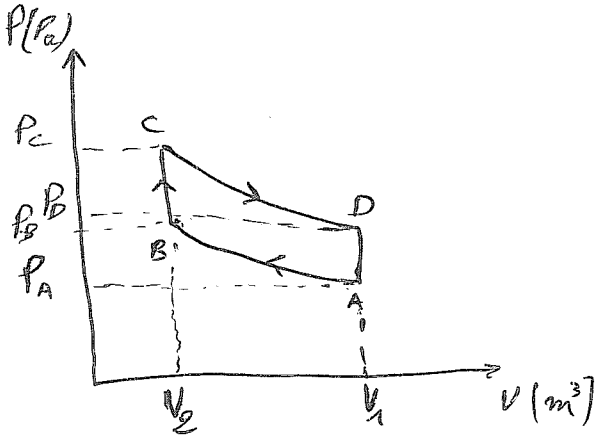
correction faite par : EL MALKI

كلية العلوم الجديدة
success club
www.facebook.com/succes.club

correction de l'examen de la Thermodynamique de la session normale 2013/2014

Les donnes du problémes:

$T_1 = 300\,K$ de A vers B
$V_2 = 0,0067\ m^3$ de B vers C
$T_2 = 500\,K$ de C vers D
$V_1 = 0,01\ m^3$ de D vers A



CLUB NAJAH
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

l'etat A: $\begin{cases} P = 10^5\,Pa \\ V = 0,01\ m^3 \\ T = 300\,K \end{cases}$

1) pour calculer le nombre de moles de gaz on utilisé la relation des gaz parfait:

$$PV = nRT \Longrightarrow P_A V_A = n R T_A$$

$$\Leftrightarrow n = \frac{P_A V_A}{R T_A} = \frac{10^5 \cdot 0,01}{(8,32)(300)} = 0,4\,mol$$

2) l'état B: on a un Transformation isotherme donc $T_A = T_B$. et on a dapres le diagrame PV

$V_B = V_2$ donc $P_B = \frac{n R T_B}{V_B} = 1,49 \cdot 10^5\,Pa$

donc l'état B $\begin{cases} P = 1{,}49 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V = 0{,}0067 \text{ m}^3 \\ T = 300 \text{ k} \end{cases}$

* l'état C : on a la transformation de B a C est une transformation isochore $V_B = V_C$

et d'après le diagramme de (P,V) on la Transformation de C à D est isotherme donc $T_C = T_D$

on conclure que $P_C = \dfrac{nRT_C}{V_C} = \dfrac{(0{,}4)\cdot(8{,}32)(500)}{0{,}0067}$

$$P_C = (2{,}48)\,10^5 \text{ Pa}$$

donc l'état C $\begin{cases} P = 2{,}48 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V = 0{,}0067 \text{ m}^3 \\ T = 500 \text{ k} \end{cases}$

* l'état D : on a la transformation de C vers D est isotherme $\Rightarrow T_D = T_C$

et on a la transformation de D vers A est isochore donc $V_D = V_A$ on calcule P_D

$$P_D = \frac{nRT_D}{V_D} = \frac{(0{,}4)(8{,}32)(500)}{0{,}01} = 1{,}66 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

l'état D $\begin{cases} P = 1{,}66 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ V = 0{,}01 \text{ m}^3 \\ T = 500 \text{ K} \end{cases}$

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

كلية العلوم
success club
www.facebook.com/succes.club

3) a) la transformation A vers B, $T = cte$

1) $W = -\int P dV$

$= -nRT \int_{V_A}^{V_B} \frac{dV}{V} = -nRT \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$

$W_{AB} = 399,83\,J \simeq 400\,J$

2) $Q_{AB} = \underbrace{\int_{T_A}^{T_B} c_v dT}_{0} + \int_{V_A}^{V_B} P dV = \int_{V_A}^{V_B} P dV = nRT \ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$

$Q_{AB} = -400\,J$

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

$\Delta U_{AB} = W + Q = 0\,J$

$\Delta H_{AB} = c_p (T_f - T_i)$ 2ème loi de joule

$\Delta H_{AB} = \frac{nR\gamma}{\gamma - 1}(T_B - T_A) = 0\,J$ car $T_B = T_A$

b) la transformation de B vers C : $V = cte$

Travail $W_{BC} = \int_{V_B}^{V_C} P dV = 0 \Rightarrow$ transformation isochore

Quantité de chaleur $Q = \int_{T_B}^{T_C} c_v dT + \underbrace{\int_{V_B}^{V_C} P dV}_{\to 0} = \int_{T_B}^{T_C} c_v dT = c_v (T_C - T_B)$

$Q_{BC} = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_C - T_B) = 1664\,J$

Energie interne $\Delta U_{BC} = W + Q = Q = 1664\,J$

Entalpie $\Delta H_{BC} = c_p (T_C - T_B) = \frac{nR\gamma}{\gamma - 1}(T_C - T_B) = 2329,6\,J$

c) La transformation de C vers D ; T = cte

- le travail $W_{CD} = \int -P dV = -nRT \ln\left(\frac{V_D}{V_C}\right)$

$$W_{CD} = -666,39 \text{ J}$$

- Quantité de chaleur $Q = \int_{T_C}^{T_D} C_V dT + \int_{V_C}^{V_D} P dV$.

$$Q_{CD} = nRT \ln\left(\frac{V_D}{V_C}\right) = 666,39 \text{ J}$$

- $\Delta U_{CD} = Q + W = 0$
- $\Delta H_{CD} = c_p \Delta T = 0$

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.EL JADIDA
LE PRÉSIDENT

d) La transformation de D vers A , V = cte

le travail : $W_{DA} = \int -P dV = 0$

Quantité de chaleur $Q_{DA} = \int_{T_D}^{T_A} C_V dT + \int_{V_D}^{V_A} P dV$

$$Q_{DA} = C_V (T_A - T_D) = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_A - T_D)$$

$$Q_{DA} = -1664 \text{ J}$$

Energie interne $\Delta U = W + Q = Q = -1664 \text{ J}$

Enthalpie : $\Delta H = c_p (T_A - T_D) = \frac{nR\gamma}{\gamma - 1}(T_A - T_D)$

$$\Delta H = -2329,6 \text{ J}$$

كلية العلوم
نادي النجاح
success club
www.facebook.com/succes.club

4) le travail total

$$W_{tot} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA}$$

$$W_{tot} = 400 + 0 - 666{,}39 + 0$$

$$\boxed{W_{tot} = -266{,}39\ J}$$

le travail tot est negatif $W_{tot} < 0$

la nature de cycle est un moteur

5) la quantité de chaleur totat

CLUB NAJAH
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

$$Q_{tot} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CD} + Q_{DA}$$

$$= -400 + 1664 + 666{,}39 - 1664$$

$$= 266{,}39\ J$$

l'energie interne

$$\Delta U_{cycle} = Q_{tot} + W_{tot} = 266{,}39 - 266{,}39 = 0\ J$$

6) le premier principe de la Thermodynamique est :

la variation d'energie interne est egal la variation de la quantité chaleur plus la variation du travail

$$\Delta U = W + Q :$$

(6)

et pour le cycle

$\Delta U_{cycle} = Q_{tot} + W_{tot}$

le premier principe est verifié

parce que $\Delta U_{cycle} = 0$

7) La nature de cycle thermodynamique est un moteur car les sens de cycle est du même sens de l'égualle d'un montre

et $W_{tot} < 0$, $Q_{tot} > 0$

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRESIDENT

www.facebook.com/succes.club

Royaume du Maroc
UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI
FACULTE DES SCIENCES
EL JADIDA

correction de l'examan 2012/2013 rattrapage

Thermodynamique

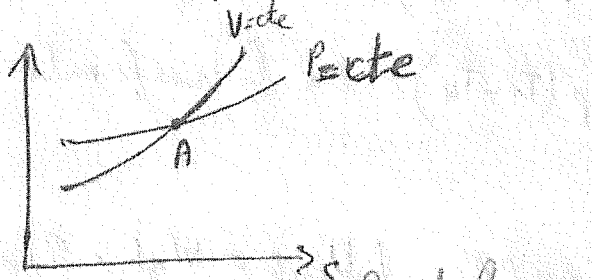
نادي النجاح
SUCCES CLUB

Question du cours :

a) on a $PV = nRT$ on prend $P = 1 atm = 10^5 Pa$, $V = 22,4\ l$ et $T = 0°C$

donc $R = \frac{PV}{nT} = \frac{10^5 \cdot 22,4 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 273,15} = 8,31\ J/K.mol$

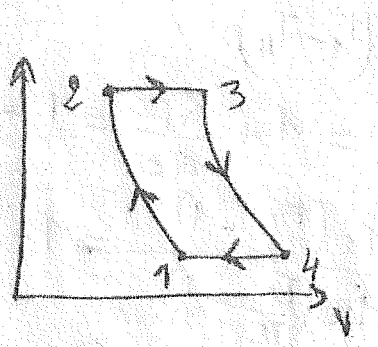
b)



Problème

1) a) la transformation de 2 à 3 est isobare donc $P_2 = P_3$

b,c)



+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

2) a) on $PV^\gamma = cte$ et on $V = \frac{nRT}{P}$

donc $P\left(\frac{nRT}{P}\right)^\gamma = cte \Leftrightarrow P \cdot P^{-\gamma} \cdot T^\gamma \cdot (nR)^\gamma = cte$

donc $P^{1-\gamma} T^\gamma = cte$

الصفحة الرسمية لنادي النجاح
WWW.FACEBOOK.com/succes.club

www.facebook.com/succes.club

b) On a $T^{\gamma} P^{1-\gamma} = cte$

donc $T_1^{\gamma} P_1^{1-\gamma} = T_2^{\gamma} P_2^{1-\gamma} = cte$

$$T_1 P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \Leftrightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

et $T_3 P_3^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_4 P_4^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \Leftrightarrow T_4 = T_3 \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

3) a) $Q_C = c_p (T_3 - T_2)$ car la transformation est isobare

b) $Q_F = c_p (T_1 - T_4)$ car la transformation est isobare

4) le premier principe $\Delta U_{cycle} = W_{tot} + Q_{tot} = 0$

$$Q_{tot} = -W_{tot} \Leftrightarrow Q_C + Q_F = -W_{tot}$$

$$W_{tot} = -c_p (T_3 - T_2) - c_p (T_1 - T_4)$$

5) $$\eta = \frac{-W_{tot}}{Q_{reçu}} = \frac{Q_C + Q_F}{Q_C} = 1 + \frac{Q_F}{Q_C} = 1 + \frac{c_p (T_1 - T_4)}{c_p (T_3 - T_2)}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)}{T_2 \left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)} = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{V_4}{V_3} - 1\right)}{T_2 \left(\frac{V_3}{V_2} - 1\right)}$$

On a $\begin{cases} P_1 = P_4 = \frac{T_4}{V_4} = \frac{T_1}{V_1} \Rightarrow \frac{T_4}{T_1} = \frac{V_4}{V_1} \\ P_2 = P_3 = \frac{T_3}{V_3} = \frac{T_2}{V_2} \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2} \end{cases}$

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

www.facebook.com/succes.club

Royaume du Maroc
UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI
FACULTE DES SCIENCES
EL JADIDA

Correction de EXAMAN 2012/2013 rattrapage
thermodynamique

نادي النجـــكلية العلوم ـــاح
success club
www.facebook.com/succes.club

$$\eta = 1 - \frac{T_1\left(\frac{V_4}{V_1} - 1\right)}{T_2\left(\frac{V_3}{V_2} - 1\right)} = 1 - \frac{T_1\left(\frac{V_3 \cdot \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{1/\gamma}}{V_2\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1/\gamma}} - 1\right)}{T_2\left(\frac{V_3}{V_2} - 1\right)}$$

car $V_4 = V_3\left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$

$V_1 = V_2\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1/\gamma}$ or $\begin{cases} P_3 = P_2 \\ P_1 = P_4 \end{cases}$

$$\eta = 1 - \frac{T_1\left(\frac{V_3}{V_2} - 1\right)}{T_2\left(\frac{V_3}{V_2} - 1\right)} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

or $P_1 T_1^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} = P_2 T_2^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} \Leftrightarrow \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$ or $\frac{P_2}{P_1} = \tau$

donc $\boxed{\eta = 1 - \tau^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}}$

a) pour argon $\eta = 1 - (4)^{\frac{1-1,67}{1,67}} = 0,42$

pour air $\eta = 1 - (4)^{\frac{1-1,40}{1,40}} = 0,32$

pour dioxyde de carbone $\eta = 1 - (4)^{\frac{1-1,31}{1,31}} = 0,27$

b) le meilleur rendement avec le gaz argon

c) $T_2 = T_1\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_1\left(\frac{1}{\tau}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 300 \cdot \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{1-1,67}{1,67}} = 523\ K$

$T_4 = T_3\left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_3\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_3\,\tau^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 900 \cdot 4^{\frac{1-1,67}{1,67}} = 516,05\ K$

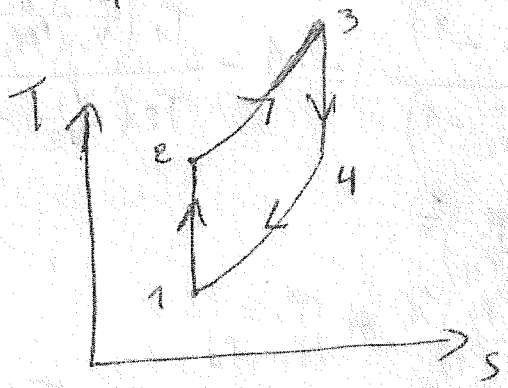
+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

3

www.facebook.com/succes.club

donc $\begin{cases} T_2 = 523\ K \\ T_4 = 516\ K \end{cases}$

7)



la nature de cycle est moteur parce que le sens est le même d'un aiguille d'une montre

CLUB NAJAH
UCD. FS. EL JADIDA
LE PRÉSIDENT

Rappel :

* loi de laplace $\begin{cases} PV^{\gamma} = cte \\ P^{1-\gamma} T^{\gamma} = cte \\ T V^{\gamma-1} = cte \end{cases}$

* $\delta Q \begin{cases} c_v dT + PdV \\ c_p dT - VdP \end{cases}$

$\Delta U = W + Q = c_v dT$

$\eta = \dfrac{|W_{tot}|}{Q_{reçu}}$

تذكير

قيل : للسعادة
أين تسكنين
قالت : في قلوب الراضين بقضاء الله
قيل : فيما تتخذين
قالت : من قوة إيمانهم
قيل : فيما تدومين
قالت : بحسن ظنهم بالله
قيل : فيما تؤمنين
قالت : إن النفس لن يصيبها إلا ما كتب الله لها

EL MALKI

Royaume du Maroc
UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI
FACULTE DES SCIENCES
EL JADIDA

Correction EXAMAN
De la Thermodynamique
2012/2013

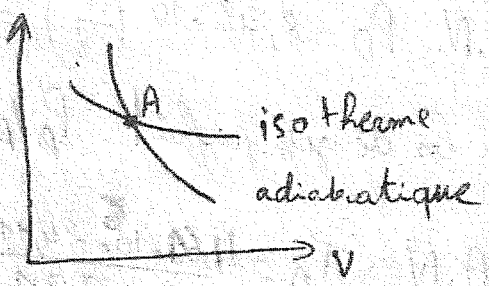
نادي النجاح الطلابي
success club
www.facebook.com/succes.club

Question de cours

1) la constante R des gaz parfait dans le S.I

$$PV = nRT \iff [R] = \frac{[P][V]}{[n].[T]} = \frac{Pa.m^3}{mol.K} = J/mol.K$$

2)



Problème :

$$\begin{cases} T_A = 17 + 273,15 = 290,15\ K \\ P_A = 1\ atm = 1.10^5\ Pa \\ V_A = \frac{nRT_1}{P_1} = 24,11.10^{-3}\ m^3 \end{cases}$$

$\gamma = 1,4$
$R = 8,31\ J/K.mol$
$C_V = \frac{nR}{\gamma - 1} = 20,775\ J/K$

1) $P_B = ?$ et $T_B = ?$, la transformation de A à B est adiabatique

on a $P_A V_A^{\gamma} = P_B V_B^{\gamma} \Rightarrow P_B = P_A \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma}$ A.N $P_B = 10^5 (8)^{1,4} = 1,83.10^6\ Pa$

$T_A V_A^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1} \Rightarrow T_B = T_A \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow$ A.N $T_B = 290,15 (8)^{0,4} = 666,58\ K$

2) on a la transformation isochore donc $\delta Q = C_V dT + PdV$

donc $Q = C_V (T_B - T_i) \Rightarrow Q = C_V (T_C - T_B)$

donc $T_C = \frac{Q}{C_V} + T_B$ AN $T_C = \frac{50.10^3}{20,775} + 666,58 = 3073,31\ K$

www.facebook.com/succes.club

$P_C = ?$

on applique la loi du gaz parfait $P_C V_C = nRT_C$

$V_C = V_B = \frac{V_A}{8} = 3{,}01 \cdot 10^{-3}\ m^3$ par ce que la transformation est isochore

donc $P_C = \frac{nRT_C}{V_C}$ A.N $P_C = \frac{1 \cdot 8{,}31 \cdot 3073{,}31}{3{,}01 \cdot 10^{-3}} = 8{,}48 \cdot 10^6\ Pa$

3) $P_D = ?$, $T_D = ?$

$P_D V_D^{\gamma} = P_C V_C^{\gamma} \Leftrightarrow P_D = P_C \left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma}$ sachant ($V_D = V_A$ et $V_C = V_B$)

donc $P_D = P_C \left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma}$ A.N $P_D = 8{,}48 \cdot 10^6 \left(\frac{1}{8}\right)^{1{,}4} = 4{,}62 \cdot 10^5\ Pa$

* T_D on peux applique la loi de gaz parfait $P_D V_D = nRT_D$

$T_D = \frac{P_D V_D}{nR} = \frac{P_D V_A}{nR}$ A.N $T_D = \frac{4{,}62 \cdot 10^5 \cdot 24{,}11 \cdot 10^{-3}}{8{,}31} = 1337{,}51\ K$

4) Travail

$W_{A\to B} = C_V (T_B - T_A) = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_B - T_A) = 7{,}82\ KJ$

$W_{B\to C} = 0$ car la transformation est isochore

$W_{C\to D} = C_V (T_D - T_C) = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_D - T_C) = -36{,}06\ KJ$

$W_{D\to A} = 0$ car la transformation est isochore

Chaleur

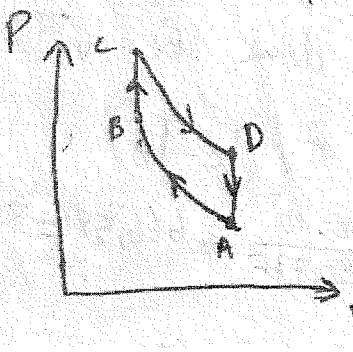
$Q_{A\to B} = 0$ la transformation adiabatique

$Q_{B\to C} = C_V (T_C - T_B) = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_C - T_B) = 50\ KJ$

$Q_{C\to D} = 0$ la transformation adiabatique

$Q_{D\to A} = C_V (T_A - T_D) = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_A - T_D) = -21{,}76\ KJ$

5)



Royaume du Maroc
UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI
FACULTE DES SCIENCES
EL JADIDA

correction EXAMAN
De la Thermodynamique
2012/2013

نادي النجاح
success club
www.facebook.com/succes.club

6) la nature de cycle est moteur.

car il est au sens d'une aiguille d'une montre

7) $Q_{tot} = Q_{A\to B} + Q_{B\to C} + Q_{C\to D} + Q_{D\to A}$

$= 28,24\ kJ > 0$

$W_{tot} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA}$

$= -28,24\ kJ < 0$

on a $W_{tot} < 0$ et $Q_{tot} > 0$ donc la nature de cycle est un moteur

8) $\Delta U_{cycle} = Q_{tot} + W_{tot} = 0$

donc le principe d'équivalence est vérifié.

9) $Q_{tot} = W_{tot}$

le travail total est égale l'air balayé
donc le travail est une surface
donc la quantité chaleur totale est une surface

www.facebook.com/succes.club

10) $\eta = \dfrac{|W_{tot}|}{Q_{reçu}} = \dfrac{|c_v(T_D - T_C) + c_v(T_B - T_A)|}{c_v(T_C - T_B)}$

$\eta = 0{,}56 = 56\%$

$\eta = \dfrac{-W_{tot}}{Q_{reçu}} = \dfrac{-(c_v(T_D - T_C) + c_v(T_B - T_A))}{c_v(T_C - T_B)}$

$= \dfrac{c_v(T_C - T_B + T_A - T_D)}{c_v(T_C - T_B)}$

$\eta = 1 + \dfrac{T_A - T_D}{T_C - T_B} = 1 - \dfrac{T_D - T_A}{T_C - T_B}$

$\eta = 1 - \dfrac{T_A\left(-1 + \frac{T_D}{T_A}\right)}{T_B\left(\frac{T_C}{T_B} - 1\right)} = 1 - \dfrac{T_A\left(\frac{T_D}{T_A} - 1\right)}{T_B\left(\frac{T_C}{T_B} - 1\right)}$

on a $\begin{cases} V_A = V_D = \dfrac{T_A}{P_A} = \dfrac{T_D}{P_D} \\ V_C = V_B = \dfrac{T_B}{P_B} = \dfrac{T_C}{P_C} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{T_D}{T_A} = \dfrac{P_D}{P_A} \\ \dfrac{T_C}{T_B} = \dfrac{P_C}{P_B} \end{cases}$ et on a $\begin{cases} P_A = P_B \cdot \left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma} \\ P_D = P_C\left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma} \\ P_A = P_B\left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma} \\ V_B = V_C,\ V_A = V_D \end{cases}$

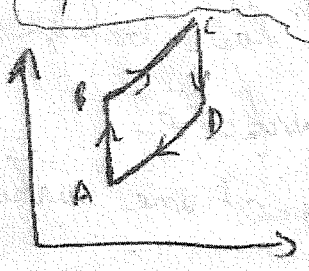
donc $\eta = 1 - \dfrac{T_A\left(\frac{P_D}{P_A} - 1\right)}{T_B\left(\frac{P_C}{P_B} - 1\right)} = 1 - \dfrac{T_A\left(\frac{P_C\left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma}}{P_B\left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma}} - 1\right)}{T_B\left(\frac{P_C}{P_B} - 1\right)}$

$\eta = 1 - \dfrac{T_A\left(\frac{P_C}{P_B} - 1\right)}{T_B\left(\frac{P_C}{P_B} - 1\right)} = 1 - \dfrac{T_A}{T_B}$

or $T_A = T_B\left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma - 1}$

$\eta = 1 - \left(\dfrac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma - 1}$

11)



نو جيبه

ليس المهم هو الإجابة على كل الأسئلة
بل المهم هو الإجابة على أكبر عدد
من الأسئلة بشكل صحيح

ELMALKI

كلية العلوم
success club
www.facebook.com/succes.club

Correction d'épreuve de la Thermodynamique 2011/2012

Cycle de Beau Rochas :

données $\begin{cases} \gamma = 1,4 \\ R = 8,32\ J/K.mol \end{cases}$ est le gaz est parfait

l'état 1 : $\begin{cases} P_1 = 1\ Bar = 10^5\ Pa \\ V_1 = 1,2\ l = 1,2.10^{-3}\ m^3 \\ T_1 = 300\ K \end{cases}$

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

1) déterminer la quantité de matière gazeuse (nb de mole)

$$n = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{(10^5)(1,2.10^{-3})}{(8,32)(300)} = 0,048\ mol$$

2) a) $a = V_1/V_2$; on a la transformation de 1 → 2 est une compression adiabatique. est $V_2 = 0,2\ l$

donc $\boxed{a = \frac{V_1}{V_2} = 6}$

2-b) $P_2 V_2^{\gamma} = P_1 V_1^{\gamma} \Longrightarrow P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma}$

$T_2 V_2^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1} \Longrightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$

AN : $\begin{cases} P_2 = 1,22 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ T_2 = 614,3 \text{ K} \end{cases}$

2.c) $W_{12} = nC_V(T_2 - T_1) = \Delta U$ car car la transformation est adiabatique

$$W_{12} = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_2 - T_1) = 313,79 \text{ J}$$

3) a) Montre la relation $T_3 = a^{\gamma-1} T_1 \left[1 + \frac{\gamma - 1}{a^{\gamma-1} \cdot nRT_1} Q_{23}\right]$

$$T_3 = T_2 - T_2 + T_3 = T_2 + T_3 - T_2$$

$$T_3 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} + (T_3 - T_2)$$

$$T_3 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} + \frac{nC_V}{nC_V}(T_3 - T_2)$$

+CLUB MAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

or $nC_V(T_3 - T_2) = Q_{23}$ car transf est isochore

donc $T_3 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} + \frac{1}{nC_V} Q_{23}$

$$= T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} + \frac{\gamma - 1}{nR} \cdot Q_{23}$$

$$= T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\left(1 + \frac{\gamma - 1}{\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \cdot nRT_1} Q_{23}\right]$$

2 $T_3 = (a)^{\gamma-1} T_1 \left(1 + \frac{\gamma - 1}{a^{\gamma-1} \cdot nRT_1} Q_{23}\right) = T_1 a^{\gamma-1} + k$

كلية العلوم ظهر المهراز
success club
www.facebook.com/succes.club

3-b) Calculer $k = \left[1 + \frac{\gamma - 1}{a^{\gamma-1} \cdot nRT_1} Q_{23}\right]$

On a $Q_{23} = 490,7\ J$

$$k = 1 + \frac{(1,4 - 1) \cdot (490,7)}{(6)^{1,4-1} \cdot 0,048 \cdot 8,32 \cdot 300}$$

$$k = 1 + 0,80 = 1,80$$

CLUB NAJAH
UCD. FS. EL JADIDA
LE PRÉSIDENT

3-c) On a $T_3 = T_1\, a^{\gamma-1}\, k$

et on $T_3 = \frac{P_3 V_3}{nR}$, $T_1 = \frac{P_1 V_1}{nR}$

or la transformation de 2 → 3 est isochore

donc $V_3 = V_2 \Rightarrow T_3 = \frac{P_3 V_2}{nR}$

et donc $T_3 = T_1 \cdot a^{\gamma-1} \cdot k$

$$\frac{P_3 V_2}{nR} = \frac{P_1 V_1}{nR} \cdot a^{\gamma-1} \cdot k$$

$$P_3 = P_1 \frac{V_1}{V_2} \cdot a^{\gamma-1} \cdot k$$

$$\boxed{P_3 = P_1 \cdot a \cdot a^{\gamma-1} k = P_1 a^{\gamma} \cdot k}$$

3

3.1) $T_3 = 300 \cdot (6)^{1,4-1} \cdot 1,80$

$\boxed{T_3 = 1105,74\ K}$

$P_3 = (6)^{1,4} \cdot 10^5 \cdot 1,80 = \boxed{22,19 \cdot 10^5\ Pa}$

4) $V_4 = V_1$, $V_2 = V_3$

4-a) α $T_4 V_4^{\gamma-1} = T_3 V_3^{\gamma-1}$

$T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1} = T_3 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}$

$\boxed{T_4 = T_3 \left(\frac{1}{a}\right)^{\gamma-1}}$

+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

$\star$ $P_4 V_4^{\gamma} = P_3 V_3^{\gamma}$

$P_4 = P_3 \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma} = P_3 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma} = P_3 \left(\frac{1}{a}\right)^{\gamma}$

$\boxed{P_4 = P_3 \left(\frac{1}{a}\right)^{\gamma}}$

4-b) application numérique :

$T_4 = 539,99 K \simeq 540\ K$

$P_4 = 1,79 \cdot 10^5\ Pa$

4

كلية العلوم ظهر المهراز
success club
www.facebook.com/succes.club

4 - c) $W_{34} = nC_V (T_4 - T_3)$

$W_{34} = nC_V \left(T_3 \left(\frac{1}{a}\right)^{\gamma-1} - T_3 \right)$

on remplace T_3 par $T_1 . a^{\gamma-1} . h$

donc $W_{34} = nC_V \left(T_1 a^{\gamma-1} h \left(\frac{1}{a}\right)^{\gamma-1} - T_1 a^{\gamma-1} . h \right)$

$= nC_V \left(T_1 h - T_1 a^{\gamma-1} h \right)$

$= \frac{nR}{\gamma-1} \left(T_1 h - T_1 a^{\gamma-1} h \right)$

$$W_{34} = \frac{nR}{\gamma-1} . T_1 h \left(1 - a^{\gamma-1} \right)$$

4 - d) $W_{34} = -564,83\ J$

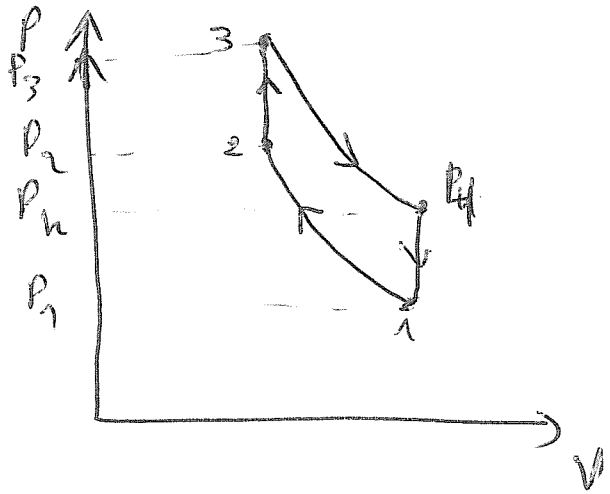
5) a) $Q_{41} = nC_V (T_1 - T_4)$ car la transformation est isochore

$$Q_{41} = \frac{nR}{\gamma-1} \left(T_1 - T_1 h \right)$$

5 - b) $Q_{41} = \frac{0,04 \times 8,32}{1,4 - 1} (300 - 540) = -239,62\ J$

CLUB NAJAH
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRÉSIDENT

6)



+CLUB NAJAH+
UCD.FS.ELJADIDA
LE PRESIDENT

7) $\Delta U = W_{tot} + Q_{tot}$

$= W_{12} + W_{23} + W_{34} + W_{41} + Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41}$

$= 313,79 + 0 + (-564,83) + 0 + 0 + 490,7 + 0 + (-239,6)$

$= 0$

donc le principe d'équivalence est vérifié

8) a) $R = \frac{-W_{tot}}{Q_{recu}} = 0,51 \simeq 51\%$

8-b) $R = \frac{Q_{23} + Q_{41}}{Q_{23}} = 1 + \frac{Q_{41}}{Q_{23}} = 1 + \frac{nC_v(T_1 - T_4)}{nC_p(T_3 - T_2)}$

or $\begin{cases} T_4 = T_1 k \\ T_3 = T_1 a^{\gamma-1} k \\ T_2 = T_1 a^{\gamma-1} \end{cases} \Rightarrow R = 1 + \frac{T_1 - T_1 k}{T_1 a^{\gamma-1} k - T_1 a^{\gamma-1}}$

$R = 1 + \frac{T_1(1-k)}{T_1 a^{\gamma-1}(k-1)} = 1 - \frac{1}{a^{\gamma-1}} = 0,51$

8-c) Si a augmente le rendement aussi augment

5

UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI
FACULTE DES SCIENCES
EL JADIDA

success club
www.facebook.com/succes.club

problèmes de thermodynamiques

problème 1

I. On fait subir a un gaz parfait ,à la pression atmosphérique, trois transformation différentes du même état initial vers le même état finale.

1) La première , une compression isotherme,de l'état initial (V_1=10 litre et T=27°C) à l'état 2 dont le volume initial est le double de l'état final

a) Rappeler la valeur de la constante des gaz parfait dans le S.I ,

b) Calculer le nombre de moles

c) Donner la valeur du volume finale

d) Calculer le travail W_1 lors de cette transformation et donner la valeur numérique.

2) La duxiéme ,du même état initial par une transformation isochore jusqu'à la pression P_2 puis une transformation isobare jusqu'à l'état finale

a) Calculer le travail W_2 et donner ca valeur numérique.

3) La troisième transformation , du même état initial par une compression isobare jusqu'à V_2 suivi d'une transformation isochore jusqu'à l'état final.

a) Calculer le travail W3 et donner ça valeur numérique.

4) Représentez, dans trois diagrammes de Clapeyron (p,v) les trois transformations

a) Comparez les trois travaux ; que remarquez-vous?

b) Donnez une conclusion sur la nature du travail des forces de pression.

II. 1 m^3 de l'air (supposé parfait),a la pression P_1=10atmosphères subit une détente, a température constante, la pression finale est P_2=1 atmosphère.
Déterminer le travail échangé par le gaz avec le milieu extérieur, au cours de cette détente.

Royaume du Maroc
UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI
FACULTE DES SCIENCES
EL JADIDA

نادي النجـــاح كلية العلوم
success club
www.facebook.com/succes.club

Thermodynamique

Problème 1

2-1)

- Une compression isotherme, de l'état initial ($V_1 = 10\,l$; $T_1 = 27°C$) à l'état 2 dont le volume initial V_i est le double de l'état final V_f

$$\text{Etat 1} \begin{cases} P_1 = 1\ atm \\ V_1 = 10\,l \\ T_1 = 27°C \end{cases} \xrightarrow[\text{isotherme}]{\text{Compression}} \text{Etat 2} \begin{cases} P_2 = \\ V_2 \\ T_2 \end{cases}$$

Compression isotherme $\Leftrightarrow P_1V_1 = P_2V_2 = nRT_1 = nRT_2 \quad (T_1 = T_2)$

a) La valeur de la constante des gaz parfait dans S.I :

$$R = 8,314\ J\,K^{-1}\,mol^{-1}$$

b) Calculons le nombre de moles n :

$$G.parfait \Leftrightarrow P_1V_1 = nRT_1 \Leftrightarrow n = \frac{P_1V_1}{RT_1}$$

$$A.N : n = \frac{1,01315.10^5.10^{-2}}{8,314 \times 300,15} = 0,4\ mol$$

c/ La valeur du volume finale V_f

On a $V_2 = \frac{V_1}{2}$ A.N $V_2 = \frac{10.10^{-3}}{2} = 5\,10^{-3}\ m^3 = 5\ l$

d/ Calculons le travail W_1 lors de cette transformation.

On sait que $W_1 = \int -P dV = \int_{V_1}^{V_2} -\frac{nRT_1}{V}\, dV$

$$W_1 = -nRT_1 \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

donc $$W_1 = -nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$W_1 = nRT_1 \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

Ou

$$W_1 = nRT_1 \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \quad ; \quad (P_1V_1 = P_2V_2)$$

A.N $W_1 = 0,4 \times 8,314 \times 300 \times \ln 2$; $(V_1 = 2V_2)$

d'où $W_1 = 691,5\ J$

2-2/ ..du même état initial par une détente isochore jusqu'à la pression P_2 puis une compression jusqu'à l'état finale.

a/ Calculons le travail W_2.

$$\text{Etat}_1 \begin{cases} P_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{cases} \xrightarrow[\text{isochore.}]{\text{détente}} A \begin{cases} P_2 \\ V_1 = V_2 \\ T_2 \end{cases} \xrightarrow[\text{isobare}]{\text{compression}} \text{Etat}_2 \begin{cases} P_2 \\ V_2 \\ T_2 \end{cases}$$

2

Royaume du Maroc
UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI
FACULTE DES SCIENCES
EL JADIDA

success club
www.facebook.com/succes.club

T. isochore $\Leftrightarrow$ $V = cte \Leftrightarrow dV = 0$

$\Rightarrow W_{1A} = \int \delta W = 0$

$W_{12} = W_{1A} + W_{A2}$

$= 0 + \int -P_2 dV = -P_2 \int_{V_1}^{V_2} dV = -P_2 (V_2 - V_1) > 0$

A.N $W_2 = 1000\,J = 1\,kJ$

2-3/ du même état initial par une compression jusqu'à V_2 suivi d'une détente jusqu'à l'état finale.

a) Calculons le travail W_3

$$Etat_1 \begin{cases} P_1 \\ V_1 \\ T_1 \end{cases} \xrightarrow[\text{isobare}]{\text{Compression}} B \begin{cases} P_B = P_1 \\ V_B = V_2 \\ T_B \end{cases} \xrightarrow[\text{isochore}]{\text{compression}} Etat_2 \begin{cases} P_2 \\ V_2 \\ T_2 \end{cases}$$

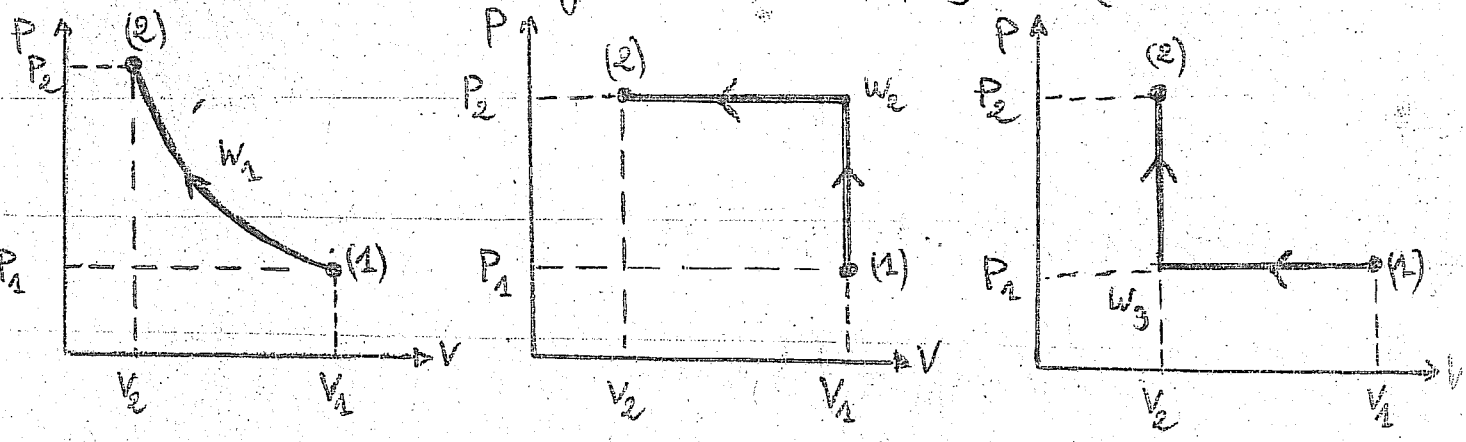
$W_3 = W_{1B2} = W_{1B} + W_{B2}$

donc $W_3 = \int -P dV + 0$

d'où $W_3 = -P_1 (V_2 - V_1) = P_1 (V_1 - V_2)$; AN. $W_3 = 500\,J$

3

2-4/ Représentation de diagrammes de clapeyron (P;V)



a/ $W_3 \leqslant W_1 \leqslant W_2$

⇒ Le travail dépend du chemin suivi.

⇒ Le travail n'est pas une différentielle total exacte.

⇒ Le travail n'est pas une grandeur d'état.

≈≈≈≈≈≈≈≈≈≈

نادي النجاح

مفتاح السعادة أن نحلم، ومفتاح النجاح أن نجعل
هذه الأحلام تتحقق.

Soyez assuré que vous disposez en vous toutes les ressources dont vous avez besoin pour accomplir vos rêves !!

Succes club